

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

應用調適性模糊類神經網路及模糊專家系統於盲用電腦點 字觸摸顯示器之電子熱傳分析及繼電器最佳化設計

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2614-E-032-002-

執行期間：91 年 08 月 01 日至 92 年 07 月 31 日

執行單位：淡江大學機械與機電工程學系

計畫主持人：葉豐輝

計畫參與人員：梁世豪、吳銘宗、蘇威碩

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 10 月 16 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

應用調適性模糊類神經網路及模糊專家系統於盲用電腦點

字觸摸顯示器之電子熱傳分析及繼電器最佳化設計

Electronics Heat Transfer Analysis and Optimal Design of the Relay in the Braille Display by Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System and Fuzzy Expert System

計畫編號：NSC91-2614-E-032-002

執行期限：91 年 8 月 1 日至 92 年 7 月 31 日

主持人：葉豐輝 淡江大學機械工程學系

共同主持人：蔡慧駿 淡江大學機械工程學系

一、中文摘要

本計畫利用調適性模糊類神經網路及模糊專家系統於盲用電腦點字觸摸顯示器之電子熱傳分析及繼電器最佳化設計。計畫中探討顯示器之點字顯示方在繼電器作動下所造成的溫升現象及預測繼電器產生磁力的變化趨勢，解決顯示器因作動溫度場提高所造成供應電流下降，使繼電器的推力降低而影響點字觸讀正確性的問題。

本研究先利用有限差分法分析點字方的暫態溫度場分佈狀態，並利用有限元素法進行繼電器的電磁分析，再與實驗數據進行比較，探討在繼電器的阻抗、工作電壓和對流散熱的情況下，以調適性模糊類神經網路找出最佳的組合設計參數，並依照繼電器的殘磁現象、最小激磁電流和最小保磁電流，設計一套模糊專家系統，有效解決顯示點字方因溫升造成繼電器磁力衰減、顯示點字方溫度過高的問題，對於系統穩定度的提升，以及熱破壞的問題獲得改善，使得盲用電腦點字觸摸顯示器在使用時能達到高可靠度，低維修率的效果。

關鍵詞：盲用電腦、點字觸摸顯示器、電子熱傳、電磁力、調適性模糊類神經網路、模糊專家系統

Abstract

In this project adaptive-network-based fuzzy inference system and fuzzy expert system will be apply to study the electronics heat transfer analysis of the braille display and optimal design of the relay. The project will discuss the appearance of

temperature rising caused by the operation of relay and predict the variation of the magnetic force produced by relay. These will solve the problem of touch braille correction caused by the reduction of relay output force owing to increasing the braille unit temperature and the overheat condition of braille display.

During the study, the analysis of the temperature field of the Braille Display by finite difference method and the analysis of the electromagnetic behavior of the relay by finite element method first. The results of computer simulations are compared with experiments. Then, the optima design solution will be found by ANFIS at the specific situations of relay's impedance, operation voltage, and cooling convection. Consequently, the fuzzy expert system will be designed with the characteristic of magnetic remaining, minimum starting current and minimum retentive current of magnetic force. It will solve the problems of the reduction of relay output force caused by increasing temperature and the overheat condition of the Braille Display more effectively, and improve the damage caused by heat to make the device more stable. Similarly, the product will perform with higher reliability and lower maintaining rate.

Keyword : Braille Computer, Braille Display, Electronics Heat Transfer, Magnetic Force, ANFIS, Fuzzy Expert System

二、緣由與目的

現代科技的發展一日千里，資訊產品性能的不斷突破，除了提高絕大多數人們的生活水準之外，也改善了弱勢視障者的就學、就業及生活品質。盲用電腦點字觸摸顯示器、點字印表機和語音合成系統等等一系列的盲用輔具相繼改良問市之後，更造福了不少有心向學的視障者。但台灣視障者由於種種原因，無論就學領域或就業機會都比歐美日等先進國家少很多，其中最主要原因就是在先進國家的視障者都能普遍使用盲用電腦來輔助就學就業，它確實是協助解決視障者各種困難的最佳工具。過去，國內亦引進不少國外盲用電腦軟硬體設備，但由於價格昂貴、維修不易且未能與中文結合，無法發揮功能而造福視障者。

為解決國外盲用電腦軟硬體設備價格昂貴、維修不易且未能與中文結合問題，淡江大學在國科會及教育部所補助之計畫下，開發盲用電腦點字觸摸顯示器，於 1995 年完成每部四十方之「金點一號」點字觸摸顯示器；從 1996 年開始量產推廣「金點一號」觸摸顯示器，經視障者使用後的反應及建議，與淡江大學不斷的研究改良為「金點二號」點字觸摸顯示器，乃至今每部四十五方之「超點一號」點字觸摸顯示器，如圖 1 至圖 4，已有 1400 多台遍佈在全省各地，且普遍運用到讀書、編輯、校對、寫程式和上網，對於協助視障者就學、就業和生活有很大的幫助。

「超點一號」雖然解決了「金點系列」顯示點力量不均、高低不平、觸感較差和溫升較快、較高及散熱風扇大聲的缺點，其亦用機構設計方式增加顯示點力量，使「超點一號」雖因作動溫度場提高所造成供應電流下降，繼電器推力降低，

但由於顯示點力量仍然很大，故不致於影響視障者觸讀點字的正確性，而功率消耗大小與設計顯示點力量成正比，如此並未真正解決觸動機構作動所需功率稍大、溫度仍高的問題。因此，盲用點字觸摸顯示器需找出最佳的組合設計參數，有效解決顯示點字方溫度過高、繼電器磁力衰減和熱破壞的問題。

三、研究步驟

1. 構建電腦輔助分析模型：

電腦輔助工程分析 (CAE) 技術應用於系統的熱傳及電磁特性上，最主要是利用數值方法及電腦的運算處理能力，以軟體模擬的方式，探討不同的組合參數對於產品的特性影響，以及找出最佳的設計參數。

2. 點字顯示方的熱傳模型建立及運作參數的設定：

依照產品的幾何外型建構，建構出單片點字顯示方的整體熱傳模型，找出發熱源以及熱源產生的參數，幾何模型的建模要求越精確，給予正確的材料係數，則分析的結果越接近實際的情況。

- (1) 確定點字顯示方的安全工作溫度
- (2) 建立產品幾何模型及有限差分模型
- (3) 繼電器工作電壓、阻抗對溫度場的影響
- (4) 環境溫度及空氣對流對溫度場的影響

3. 繼電器的電磁的原始模型建立與影響磁力的參數確定：

溫度場的結果亦會影響電磁場的強度，建立繼電器的幾何模型以及使用的材質，分析在不同的電流、線圈圈數、溫度之下，對於磁力值的影響。

- (1) 確定點字顯示方之繼電器的磁場力量需求
- (2) 建立繼電器幾何模型及有限元素模型
- (3) 繼電器幾何外型的探討
- (4) 工作電壓、電流的探討
- (5) 材料性質的影響
- (6) 確定最小激磁、保磁電流

4. 熱傳分析與電磁分析的最佳化：

利用 ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy inference System) 將熱傳以及電磁的系統建構出，以此方法建立系統行為的好處是不需太多組的模擬數據，就能預測未知的、未模擬的數據組合下的結果，所以不需要模擬出所有完整的參數組合的分析，利用 ANFIS 就能在短時間內知道整個系統的行為。

- (1) 建立顯示點字方的熱傳行為資料庫
- (2) 建立顯示點字方的電磁行為資料庫
- (3) 依照產品穩定需求選擇最佳的參數組合

5. 模糊專家系統的建立：

利用繼電器本身機構的電磁特性，激磁電流通常比保磁電流大，所以在保磁狀態時，只需要較小的電流即可保持點字桿向上推動的力量，評估繼電器在不同溫度下的最小激磁及保磁電流；另外，利用鐵心的殘磁現象，將上述特性建立成模糊規則庫，提升產品的穩定度以及降低發熱溫度。

(1)選擇模糊規則的輸入及輸出參數

(2)殘磁現象的時間估測及應用

(3)降低顯示點字方的溫度

6.模擬結果與實際結果的印證：

印證原始設計下的參數組合，是否與模擬結果相符合的前提下，將最佳的設計參數求出，依照繼電器最佳電流、阻抗，修改原始設計，使的系統能在最佳狀態中運作。

四、結果與討論

1. 熱傳與電磁分析及實驗

盲用電腦點字顯示器的熱源主要是 360 顆繼電器所產生，依照實際系統形狀及邊界條件對稱的原理，只拿出熱效應最嚴重的第 23 方做熱傳分析。銅的導電性在金屬裡僅次於金、銀，是良導體且價格較便宜，故選用來做繼電器的螺線圈，但銅的電阻材料性質會跟環境的溫度有相依性，溫度越高，電阻也越高。因此溫度升高會讓繼電器的線圈阻值上升，所以繼電器的發熱量是隨著溫度變化而變化，由於達到穩定溫度與發熱量的平衡所經歷時間不定，故熱傳分析須採用暫態分析，如圖 5 至圖 8。在電磁分析方面，使用 Maxwell ' s equation 與有限元素法求解電磁場結果，如圖 9 和圖 10，其電磁力量總和可由一物體的特定表面和通過此表面應力張量的積分式求得。分析與實驗結果由表 1 顯示原系統中無風扇時溫度約 70^o。由於點字方須密集排列，使得整個系統內部的 PCB 排列方式形成了狹窄的空間，造成雖然有氣孔，但熱量卻不易排出的困擾，若採用風扇抽氣排熱的作法，溫度降至約 43^o。而表 2 顯示繼電器原始設計為 6 Volt, 330 Ohms 時，唯有在風扇強制對流的情況下才能使點字桿力量達到 15g 以上。

2.最佳化設計及實作驗證

最佳化設計首先利用 ANFIS 和模糊專家系統來建構繼電器在不同溫度下的最小激磁及保磁電流之模糊規則庫，此方法的優點是不需要太多組模擬數據，在短時間內就能預測出結果。所採用 ANFIS 之學習方式為離線(off-line)學習，此方法一次選擇所有的資料組進行學習，利用梯度法(gradient method)及最小平方法來確認類神經網路的參數，且此架構之隱藏層是利用回遞(feedback)架構之梯度法計算，而最後的輸出是利用最小平方法計算而來，結合這兩種方法混和式計算之學習速度會比單用梯度法計算之學習速度還要快。圖 11 和圖 12 分別為無風扇和有風扇之 ANFIS 學習前、學習後的 MFs(membership functions)圖，圖 13 為 ANFIS 學習過程中溫度和供應電壓之 RMSE(root mean square error)圖。

盲用點字方最佳化設計必須考量的條件有：(1)點字桿承受觸摸力量，基於手指觸摸辨識的要求，點字桿的力量必須可以承受超過 15g，以利於視障者判讀；(2) 繼電器漆包線(如圖 14)纏繞的圈數由於狹窄的空間而有所限制(350 以下)；(3)額定工作供應電壓必須受電源供應器規格的限制(6 伏特以下)；(4) 額定工作溫度必須受漆包線工作溫度的限制(75^o 以下)。

圖 15 和圖 16 分別為無風扇和有風扇依力量需求利用 ANFIS 推論「金點系列」觸摸顯示器所預測的結果。由圖 15 可知無風扇對流散熱的設計並不符合設計考慮的情況。表 3 為有風扇對流下符合條件之設計結果，最後一組與原始的設

計相當接近。但是「金點系列」原始設計是花費較多的時間實作修改與經驗累積而得，利用數值模型與 ANFIS 逆向推論設計的好處是不需要依靠經驗，只要建立正確的模型就能設計出符合條件各種參數組合下的設計結果，縮短時間與成本。此外，本研究亦以相同的方法及步驟，重新利應用 ANFIS 逆向推論設計「超點一號」最佳的組合設計參數：無風扇、供應電壓 4.5V、漆包線電阻 320Ω、點字方力量 29.70g 及繼電器最高溫度 50.60°C(如表 4)，解決功率及溫度問題。

五、計畫成果自評

1. 本研究內容與原計畫規劃完成相符、達成預期目標。
2. 就傳統的產品研發修改中，一但要變更設計，找尋最佳參數時往往是利用實作的方法直接測試，一但設計變數多了，則實作測試的次數也需要跟著增加，這種方法並不符合經濟以及時間的效益，而且並不一定真正能找出最佳化的組合參數。因此，本研究利用數值方法求解、模擬系統的熱傳以及電磁特性，以有限差分法求解點字顯示方的溫度場，並以有限元素法求解繼電器的電磁力，之後再利用調適性模糊類神經網路及模糊專家系統訓練推論及預測多參數組合下的設計結果，並求出盲用電腦點字觸摸顯示器最佳設計參數且與實驗驗證正確。故本研究成功地引入 CAD/CAE 技術，將耗費時日的時作測試以電腦模擬的方式代替，應用此技術不僅可協助產品研發人員縮短產品的研發時間，減少成本，並能大大減少在設計階段時雛形產品的未知不穩定性，減少實機的測試次數，使產品更具市場競爭力。
3. 參與本計畫之研究生可充分獲得調適性模糊類神經網路、模糊專家系統、盲用電腦點字觸摸顯示器電子熱傳分析和繼電器最佳化設計之電腦整合設計實務，並深入瞭解視障輔具功能與設計，可提昇國內視障輔具的產品研發能力及穩定度。

六、參考文獻

- [1] S. F. Frisken-Gibson, P. Bach-Y-Rita, W. J. Tompkins and J. G. Webster, A 64-Solenoid, Four-Level Fingertip Search Display for the Blind, *IEEE Trans. Biom. Eng.* BME-34 (12) (1987) 963–965.
- [2] N. Srisanthan and K. R. Subramanian, Braille Display Terminal for Personal Computers, *IEEE Trans. Consumer Electron.* 36 (2) (1990) 121–128.
- [3] L. Yobas, M. Huff, F. Lisy and D. M. Durand, A Novel Bulk-Micromachined Electrostatic Microvalve with a Curved-Compliant Structure Applicable for a Pneumatic Tactile Display, *J. Microelectromech. Syst.* 10 (2001) 187–196.
- [4] L. Yobas, D. M. Durand, G. G. Skebe, F. J. Lisy, and M. A. Huff, A novel integrable microvalve for refreshable Braille display system, *J. Microelectromech. Syst.* 12 (2003) 252–263.
- [5] P. S. Wellman, W. J. Peine, and R. D. Howe, Mechanical Design and Control of a High-Bandwidth Shape Memory Alloy Tactile Display, in: *International*

- Symposium of Experimental Robotics*, Barcelona, Spain, 1997, 55-66.
- [6] P. M. Taylor, A. Moser, and A. Creed, A sixty-four element tactile display using shape memory alloy wires, *Displays* 18 (1998) 163–168.
- [7] P. M. Taylor, D. M. Pollet, A. Hosseini-Sianaki, and C. J. Varley, Advances in an electrorheological fluid based tactile array, *Displays* 18 (1998) 135–141.
- [8] J. Roberts, O. Slattery, D. Kardos, B. Swope, New Technology Enables Many-Fold Reduction in the Cost of Refreshable Braille Displays, in: *4th Annual ACM Conference on Assistive Technologies*, Virginia, USA, 2000, 42–49.
- [9] C. Ramstein, Combining Haptic and Braille Technologies: Design Issues and Pilot Study, in: *Second Annual ACM Conference on Assistive Technologies*, British Columbia, Canada, 1996, 37–44.
- [10] S. V. Patankar, Numerical Heat Transfer and Fluid Flow (New York, Hemisphere, 1980).
- [11] M. Plonus, Applied Electromagnetics (New York, McGraw-Hill, 1978).
- [12] J.-S. R. Jang and C.-T. Sun, Neuro-Fuzzy Modeling and Control, in: *Proc. IEEE* 83, 1995, 378–406.
- [13] J.-S. R. Jang, ANFIS: Adaptive-Network-based Fuzzy Inference Systems, *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics* 23 (1993) 665–685.
- [14] 萬明美，眼科學與視障工學，五南圖書出版公司，2000。
- [15] 葉豐輝，洪錫銘，蔡慧駿，應用N I I網路科技服務身心障礙者之推動建議，*Net'98 Taiwan 網路新紀元研討會*，1998。
- [16] 葉豐輝，如何協助建構與推廣殘障網路之建議，1997 *台灣區網際網路研討會*，1997。
- [17] 葉豐輝，洪錫銘，台灣中文盲用電腦軟硬體系統研發與視障資訊網路建構之概況及展望，*亞太區視障人士資訊科技研討會*，1996。
- [18] 葉豐輝，檢討失明人現時應用中文電腦的困難和解決方案，*失明人中文電腦應用研討會*，1993。

表 1：金點觸摸顯示器最高溫度

	實驗	分析
有風扇	42.9□	43.61□
無風扇	70□	69.91□

表 2：金點觸摸顯示器點字桿力量

	實驗	分析
有風扇	16g	16.21g
無風扇	12g	13.80g

表3：點字顯示器最高溫度

點字方力量 (g)	漆包線電組 (Ω)	繼電器最高溫度 ($^{\circ}\text{C}$)	供應電壓 (V)
15	330	42.07	5.71
15.1	330	42.19	5.73
15.2	330	42.31	5.76
15.3	330	42.44	5.78
15.4	330	42.56	5.8
15.5	330	42.69	5.83
15.6	330	42.81	5.85
15.7	330	42.94	5.88
15.8	330	43.07	5.9
15.9	330	43.2	5.93
16	330	43.33	5.95

表 4：最佳的組合設計參數結果比較

供應電壓 4.5V 及漆包線電組 320 Ω		
	溫度	力量
ANFIS 逆向推論	50.60	29.70g
數值分析	53.56	29.70g
實驗	52	29g



圖 1：金點 40 方點字觸摸顯示器



圖 2：超點 45 方點字觸摸顯示器

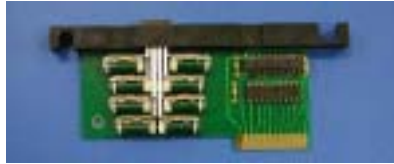


圖 3：金點點字單方

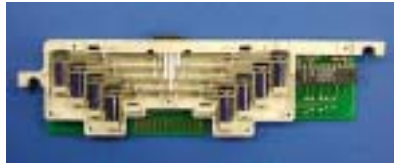
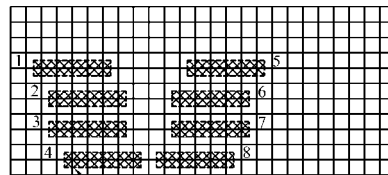


圖 4：超點點字單方



Heat flux generated by relays acrossed the PCB

圖 5：金點點字方熱傳分析分割圖

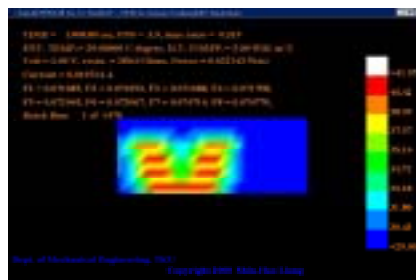


圖 6：金點點字方熱傳分析結果圖

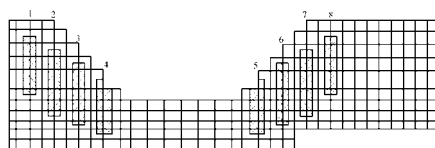


圖 7：超點點字方熱傳分析分割圖

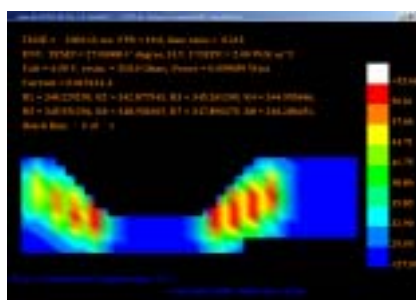


圖 8：超點點字方熱傳分析結果圖

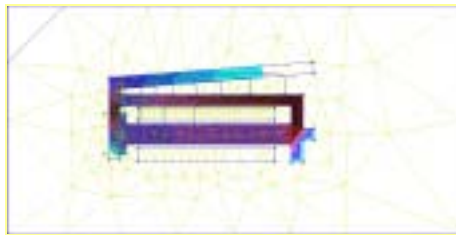


圖 9：金點點字方電磁場分析結果圖

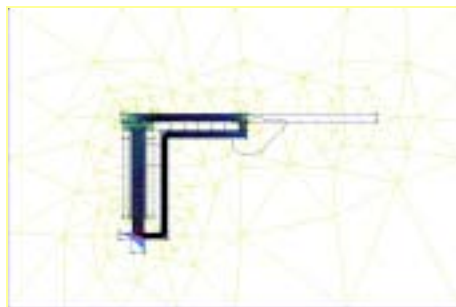


圖 10：超點點字方電磁場分析結果圖

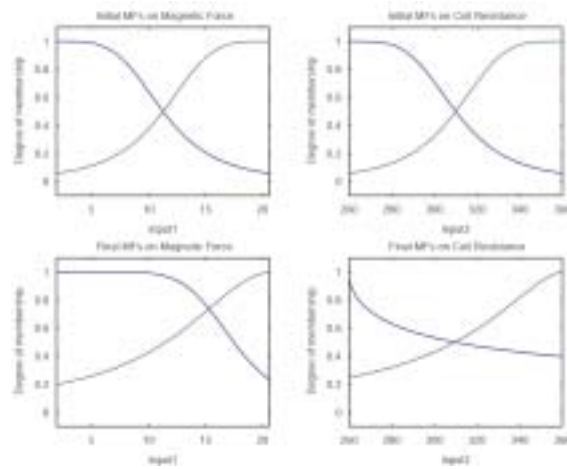


圖 11：無風扇 ANFIS 學習前後的 MFs 圖

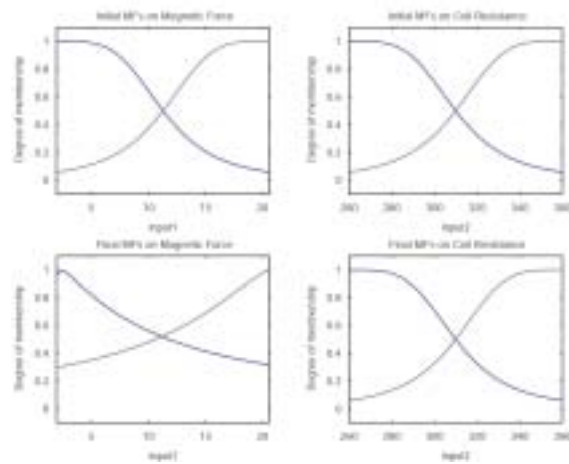


圖 12：有風扇 ANFIS 學習前後的 MFs 圖

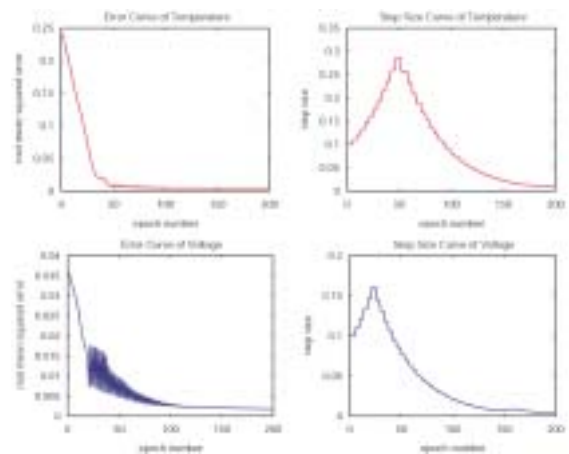


圖 13：溫度和供應電壓之 RMSE 圖

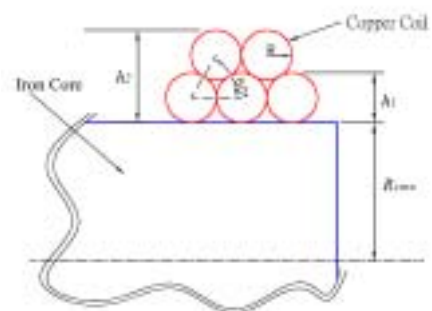


圖 14：繼電器架構圖

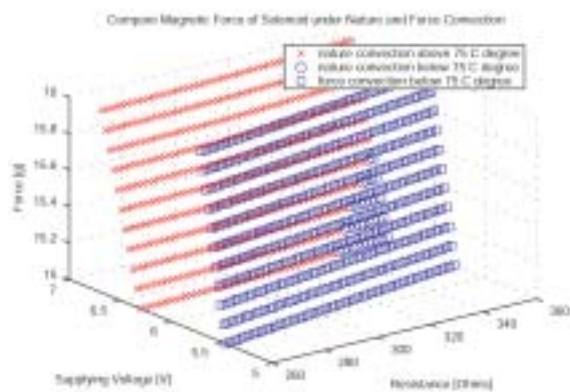


圖 15：推論無風扇結果

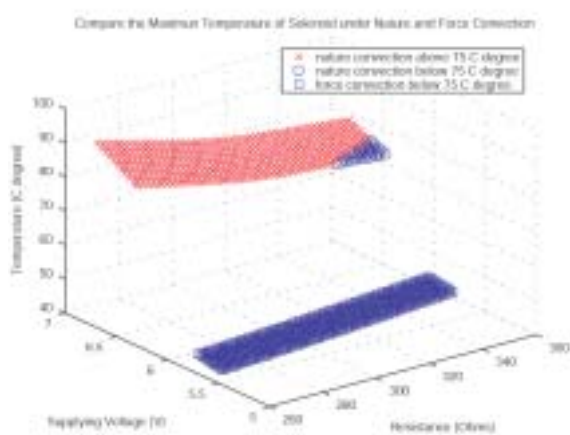


圖 16：推論無風扇結果